

論文内容の要旨

論文題目 「合金鋳鉄及び鋳鋼の特性評価と製造方法に関する研究」

論文提出者 藤尾 和樹

鉄鋼材料の圧延や成型に用いられるロールは、加工される材料の種類や形状および工程の各段階によって異なり、それぞれに最適な材質が選択される。このようなロール材質には 1990 年代前半までは、鋼製のロールが用いられていたが、1980 年代に高クロム鋳鉄が使用されるようになった。その後、さらなる耐摩耗性の向上を図るため 2000 年以降は、Cr, Mo, V, W などの炭化物を晶出しやすい元素を多く含有する多合金系白鋳鉄が注目された。近年では、耐摩耗性のみならず、高品質な製品表面を得るために、焼付き性や肌荒れ性への要求が厳しくなっており、従来の圧延ロールでは期待される品質に必ずしも対応できなくなっている。

圧延ロールの製造メーカーでは一般的に、耐摩耗性が必要とされるロールには高クロム鋳鉄や高クロム鋳鋼、多合金白鋳鉄を用い、耐焼付き性や耐肌荒れ性を向上させるには、金属組織中に黒鉛を晶出させたアダマイト系のロールが使用される。高クロム鋳鉄に関する研究は、機械的性質に及ぼす金属組織の影響についていくつかの報告はあるが、結晶粒界などに存在する微量な組織には触れられた報告はなく、それらの影響は考慮されていない。アダマイト系材質の耐焼付き性や肌荒れ性に関してはほとんど報告がなく、晶出黒鉛の効果を確定する必要がある。

また、ロール製造の観点からは省エネルギーでの製造や添加合金コストを抑えた開発が必要となっている。鋳鉄及び鋳鋼系ロールの製造方法は、鋳造、熱処理、加工の工程に大別され、それぞれの工程で省エネルギーへの取り組みはなされている。とりわけ熱処理工程では質量の大きい製品を加熱冷却するために必要なエネルギーは膨大であるため、より低温、より短時間での処理が望まれている。

本論文は上記した近年の動向や課題に対し、化学組成や熱処理を検討し、金属の微細組織と機械的特性を評価することで、市場のニーズに沿ったロール材質と製造方法を提唱した。

第 1 章は、本論文の序論であり、各種ロールの材質と用途、要求される特性、研究の背景についてまとめ、本研究の目的と概要を示した。

第 2 章では、高クロム鋳鋼について、さまざまな冷却速度で変態点測定を行った結果から連続冷却曲線を作成し、それぞれの試料の組織観察の結果と併せることで、旧オーステナイト粒界に存在する微細組織を明らかにした。また、その組織はマルテンサイト変態の上部臨界冷却速度近辺で形成されるベイナイト組織であること

も明らかにした。

第3章では、高クロム鋳鋼製のロールの実生産に利用できる、焼入れ・焼戻し条件を検討した。大型肉厚の製品の焼き入れでは、急激な冷却はマルテンサイト変態による膨張に起因する割れを発生させるために、マルテンサイト変態温度付近は徐冷を要するが、冷却速度が遅すぎるとベイナイト変態を進行させ硬さを減じる。そこで、400℃以下の冷却速度を変化させた焼入れを行って、硬さと微細組織の関係を明らかにし、ロール製造に最適な焼入れ条件を得た。焼入れ条件の違いにより、焼戻し後の硬さの変化に差異があることも捉えている。

第4章では、晶出黒鉛と共晶炭化物の含有量を変えたアダマイト系材質の焼付き性について検討した。晶出黒鉛の多い試料では、焼付き試験初期の摩擦力は小さいが、試料表面が塑性変形を起こす荷重に達すると摩擦力が増大した。炭化物を多く晶出する組織では高負荷の条件でも炭化物が変形せずに荷重を支えるため、表面の塑性変形を小さくし、優れた耐焼付き性を示すことが明らかになった。

第5章では、4章と同様の試料を用い摩耗特性について調査した。耐摩耗性を有する製品は機械加工が困難であり放電加工されることも多いため、製品の加工方法の違いによる摩耗特性の違いについても検討した。表面を放電加工で仕上げた試料は表面の黒鉛が脱落しているため、低負荷の摩擦域でも黒鉛の潤滑性が発揮されないことが明らかになった。

第6章では、大型・厚肉合金鋳物の熱処理時間の短縮を目的とし、新たな熱処理方法を提唱した。焼入れ性を向上させる合金を多く含有する鋳鉄および鋳鋼は、焼入れ後の残留オーステナイトが多いため、焼戻しによって炭化物を形成させ、その後の冷却でマルテンサイトあるいはベイナイトを生成させて基地の耐摩耗性を向上させる。しかしながら、この合金をロールとして実工程で使用する際には複数回の焼戻しが必要とされ、大型厚肉の製品では熱処理時の昇温・冷却に非常に時間がかかるため、コスト面でも納期においても不利となる。そこで、焼入れ途中で恒温保持することで、焼入れ後の残留オーステナイトを低減することに成功した。

第7章では、焼入れ性を向上させる合金元素であるNiとMoを添加した試料で、第6章で得られた最適な条件で恒温保持を行い、合金元素と残留オーステナイトおよび硬さ、組織の関係を明らかにした。NiおよびMo添加量の多い試料においては、パーライト変態が遅れ硬さは高くなるが、残留オーステナイト量は多くなることが判明した。

最後に、本論文に示した一連の研究で得られた結果を8章で総括を行っている。